

PENGARUH PARAMETER PROSES CURRENT PULSE, ON TIME, DAN OFF TIME PADA *ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING (EDM) DIE SINKING* TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA BAJA AISI H-13

¹Widodo, ²Ahmad Arif Nur Ismi, ³Mahros Darsin

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam
Parkway Street Batam Centre, Batam
widodo@polibatam.ac.id

²Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam
Jalan Kalimantan No.37, Jember

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jalan Kalimantan No.37, Jember
mahros.azzahra@yahoo.co.id

Abstrak

Electric Discharge Machine (EDM) sinking merupakan salah satu jenis EDM yang sering digunakan dalam pembuatan cavity untuk cetakan maupun dies, sehingga tuntutan terhadap kepresisian produk dan kekasaran permukaan menjadi perhatian utama. Adapun variabel yang berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan pada proses EDM *Sinking* ini meliputi model hubungan variabel proses *off-time pulse*, *on-time pulse* dan *pulse current*. Metode rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode regresi linear berganda dengan menggunakan 3 variabel dan 3 level sehingga akan dilakukan sebanyak 27 kali percobaan dengan masing-masing kondisi yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian dengan variabel proses *off-time pulse*, *on-time pulse*, dan *pulse current* terhadap kekasaran dapat diketahui nilai kekasaran paling rendah dan nilai kekasaran paling tinggi. Nilai kekasaran permukaan yang paling kecil terjadi pada parameter arus 4,5A, ontime 60 μ s, dan offtime 10 μ s dengan nilai kekasaran permukaan 3,58 μ m. Sedangkan untuk nilai kekasaran paling besar terjadi pada parameter arus 9A, ontime 120 μ s, dan offtime 4 μ s dengan nilai kekasaran permukaan 8,80 μ m.

Katakunci: Sinking EDM, *off-time pulse*, *on-time pulse* dan *pulse current*

1. Pendahuluan

Proses permesinan non-konvensional yang banyak digunakan adalah *Electric Discharge Machine (EDM)*. EDM merupakan proses non-konvensional, yang prinsip kerjanya adalah dengan memanfaatkan lonjakan bunga api listrik yang terjadi antara benda kerja dengan elektroda. *EDM sinking* adalah salah satu jenis EDM yang sering digunakan dalam pembuatan cavity untuk cetakan maupun pembuatan dies, sehingga tuntutan terhadap ketelitian dan kepresisian produk

menjadi perhatian dari proses permesinan.

Untuk meningkatkan kualitas produk pada *dies* maka diharuskan untuk mencapai kekerasan dan kehalusan permukaan yang tinggi, maka pengetahuan tentang parameter yang memengaruhi kekasaran permukaan *dies* selama proses permesinan EDM haruslah baik. Dengan pertimbangan tersebut, maka fokus penelitian ini adalah hanya menganalisis kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan *EDM Die Sinking* dengan pertimbangan

parameter proses berupa on time, off time, dan pulse current.

Permasalahan yang diteliti adalah bagaimana pengaruh dan hubungan parameter proses *off-time pulse*, *on-time pulse*, dan *pulse current* pada mesin *EDM Sinking* terhadap kekasaran permukaan benda kerja serta bagaimana setting parameter proses yang tepat pada proses *EDM sinking* sehingga didapat kekasaran permukaan benda kerja minimum dan optimal dapat tercapai.

Tujuan dari penelitian ini ialah mengetahui model hubungan variabel – variabel proses *off-time pulse*, *on-time pulse*, *pulse current* pada mesin *EDM sinking* terhadap kekasaran permukaan benda kerja dan menentukan setting variabel proses yang tepat pada proses *EDM sinking* sehingga didapat kekasaran permukaan yang minimum.

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode regresi linear berganda dengan menggunakan 3 variabel dan 3 level sehingga akan dilakukan sebanyak 27 kali percobaan dengan masing-masing kondisi yang berbeda tanpa replikasi/pengulangan.

EDM telah berkembang bersama dengan Mesin Bubut, Mesin Frais, dan Mesin Gerinda sebagai teknologi yang terdepan. EDM terkenal dalam hal kemampuannya untuk membuat bentuk kompleks pada logam-logam yang sangat keras. Dengan telah ditemukannya teknologi yang maju tentang keausan elektrode, ketelitian dan kecepatan, EDM telah mengganti proses pemotongan logam yang lama pada beberapa aplikasi. Faktor lain yang menyebabkan berkembangnya penggunaan EDM adalah kemampuannya mengerjakan bentuk tipis, khususnya dalam pengerjaan ketinggian dan ketirusan. Proses pemesinan EDM digolongkan dalam tiga kategori yakni *sinking*, *cutting*, dan

grinding. Ketiga kategori ini dibedakan menurut jenis pahatnya.

2. Pembahasan

Pembahasan hasil percobaan ini adalah mencari pola hubungan sistematis dan menyelidiki pola hubungan tiga variabel proses yaitu: arus/ *current pulse* (A), *ontime pulse* (μ s), dan *Offtime pulse* (μ s) pada proses pemesinan EDM untuk kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan metode Analisis Regresi.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan didapatkan data seperti yang terlihat pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 2.1 Data hasil percobaan

No	Variable Proses			Kekasaran Permukaan (µm)
	Arus (A)	Ontime Pulse (µs)	Offtime Pulse (µs)	
1	4.5	60	4	4,62
2	4.5	60	6	4,05
3	4.5	60	10	3,58
4	4.5	90	4	5,09
5	4.5	90	6	4,63
6	4.5	90	10	3,83
7	4.5	120	4	5,62
8	4.5	120	6	5,44
9	4.5	120	10	4,59
10	6	60	4	6,1
11	6	60	6	5,19
12	6	60	10	4,97
13	6	90	4	6,67
14	6	90	6	5,95
15	6	90	10	5,08
16	6	120	4	7,18
17	6	120	6	6,92
18	6	120	10	5,88
19	9	60	4	8,29
20	9	60	6	7,91
21	9	60	10	7,45
22	9	90	4	8,54
23	9	90	6	8,3
24	9	90	10	7,63
25	9	120	4	8,8
26	9	120	6	8,32
27	9	120	10	7,85

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan dan pengaruh yang signifikan dari besarnya variabel bebas/ prediktor terhadap respon maka dari data tabel 2.1 kemudian dilakukan analisis perhitungan menggunakan *software* minitab 14.

Penaksiran parameter model dalam minitab ialah menggunakan metode Least Square Estimation (LSE)

untuk memperoleh garis regresi terbaik. Inti dari metode Least Square Estimation (LSE) ini adalah meminimalisasi residual model. Residual yang dimaksud di sini adalah selisih nilai prediksi yang diperoleh dari pemodelan regresi dengan nilai sebenarnya, dimana untuk memperoleh nilai residual yang paling kecil dengan cara mengkuadratkan jumlah residual – residualnya (s^2). Nilai s^2 inilah yang disebut mean square error atau yang dikenal dengan nama MSE. Adapun Taksiran Model Analisis regresi linear berganda seperti yang terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Taksiran model analisis regresi linier berganda

```

The regression equation is
Log Ra = 1,04 + 0,771 Log I + 0,0156 Log Ont - 0,183 Log Oft

Predictor      Coef      SE Coef      T      P      VIF
Constant      1,0404    0,2805      3,71   0,001
Log I          0,77095   0,02582     29,86  0,000  1,0
Log Ont        0,015630  0,001972    7,93   0,000  1,0
Log Oft       -0,18274   0,01936    -9,44   0,000  1,0

S = 0,250996   R-Sq = 97,8%   R-Sq(adj) = 97,6%

Analysis of Variance

Source      DF      SS      MS      F      P
Regression  3      65,735  21,912  347,81  0,000
Residual Error  23    1,449   0,063
Total      26    67,184

Source      DF      Seq SS
Log I       1      56,168
Log Ont     1      3,957
Log Oft     1      5,610

Unusual Observation for Log Ra

Obs   Log Ra   Fit   SE Fit   Residual   St Resid
11    5,19000  5,61000  0,11916  -0,42000  -2,09 R

R denotes an observation with a large standardized residual
    
```

Pada output text analisis regresi linier berganda di atas menunjukkan terdapat 3 bagian, yakni bagian pertama adalah tabel persamaan regresi, bagian kedua adalah tabel ANOVA, dan bagian ketiga adalah unusual observation. Hasil taksiran parameter model yang didapat pada Output Text Analisis Regresi Linier

Berganda pada Tabel 4.2 di atas adalah:
 $\text{Log Ra} = 1,04 + 0,771 \text{ Log I} + 0,0156 \text{ Log Ont} - 0,183 \text{ Log Oft}$.

Demikian Juga dengan menggunakan analisis design faktorial

dari software minitab, data dari tabel 1.1 analisis regresinya sebagai berikut:

Tabel 2.3 Analisis design faktorial

Factor	Type	Levels	Values
Log I	fixed	3	4,5; 6,0; 9,0
Log Ont	fixed	3	60; 90; 120
Log Oft	fixed	3	4; 6; 10

Analysis of Variance for Log Ra, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Log I	2	56,437	56,437	28,219	515,24	0,000
Log Ont	2	3,990	3,990	1,995	36,42	0,000
Log Oft	2	5,662	5,662	2,831	51,69	0,000
Residual Error	20	1,095	1,095	0,055		
Total	26	67,184				

Tampilan output dari analisis design factorial diawali dari keterangan mengenai faktor, yaitu: Arus (I), On Time (Ont), dan Off Time (Oft). Dari masing-masing faktor ada 3 level faktor, yakni: level faktor Arus (I) 4,5, 6,0, 9,0, level faktor On Time (ont) 60, 90, 120, dan level Off Time (oft) 3, 6, 10. Di bawah baris faktor terdapat tabel ANOVA. Tabel ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh tiap faktor dan interaksi antar faktor terhadap respon (kekasaran permukaan). Untuk memeriksa pengaruh faktor-faktor terhadap kekasaran permukaan maka dilakukan Hipotesis.

dimana Hipotesisnya adalah:

H0: $F = 0$ (variabel prediktor tidak berpengaruh terhadap variabel respon)

H1: $F \neq 0$ (variabel prediktor berpengaruh terhadap variabel respon)

Pada gambar 1.3 dapat diketahui bahwa nilai distribusi F untuk masing – masing variabel prediktor adalah 515,24; 36,42; 51,69. Sedangkan nilai p-value untuk semua variabel prediktor adalah 0,000 sehingga dapat disimpulkan menolak hipotesis awal (H0) yang artinya variabel arus, on time, dan off time tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan serta menerima hipotesis alternatif (H1) yang berarti variabel arus, on time, dan off time

berpengaruh signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan (Ra) yang dihasilkan.

Sehingga dari ketiga data di atas untuk proses pemesinan EDM dengan on time 60, 90, dan 120 yang dihubungkan dengan parameter lain seperti arus dan off time sesuai dengan parameter yang telah ditentukan menunjukkan adanya hubungan antara parameter arus terhadap kekasaran permukaan dengan nilai perubahan yang signifikan dimana nilai kekasaran permukaan paling kecil sebesar 3,58µs yang terjadi pada arus 4,5A, ontime 60µs, dan offtime 10µs. Sedangkan nilai kekasaran permukaan paling besar sebesar 8,80µs yang terjadi pada arus 9A, ontime 120µs, dan offtime 4µs. Dari data tersebut didapatkan angka kekasaran permukaan yang terus meningkat seiring dengan besar arus yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan arus yang semakin besar maka nilai kekasaran permukaan juga semakin besar

Dari percobaan permesinan EDM yang telah dilakukan dengan parameter arus (current pulse), ontime pulse, dan offtime pulse terhadap kekasaran dapat diketahui nilai kekasaran paling rendah dan nilai kekasaran paling tinggi. Untuk nilai kekasaran paling kecil terjadi pada parameter arus 4,5A, ontime 60 µs, dan offtime 10 µs dengan nilai kekasaran permukaan 3,58 µm.

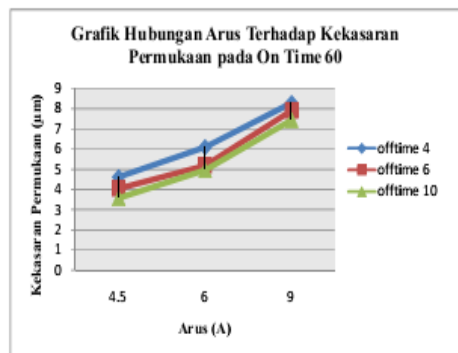
Sedangkan untuk nilai kekasaran paling besar terjadi pada parameter arus 9A, ontime 120 µs, dan offtime 4 µs dengan nilai kekasaran permukaan 8,80 µm. Sedangkan ditinjau dari pengolahan data dengan menggunakan metode persamaan regresi linier berganda yang didapat diketahui parameter proses EDM yang berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan.

Parameter proses arus dan on time pulse menunjukkan adanya hubungan yang kuat terhadap nilai

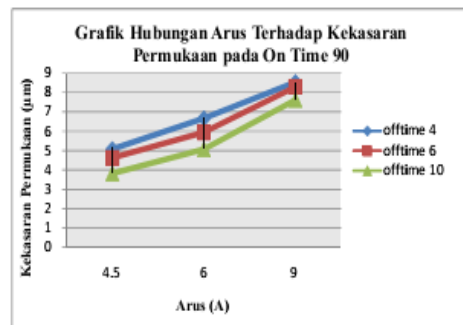
kekasaran permukaan sedangkan offtime pulse pengaruhnya relatif kecil. Hal ini dikarenakan nilai *current* dan *ontime pulse* berbanding lurus dengan nilai kekasaran permukaan dimana semakin besar *current pulse* dan *ontime* maka semakin besar pula nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan, sedangkan semakin besar nilai *off time pulse* yang diberikan maka nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin kecil atau berbanding terbalik sehingga permukaan benda kerja yang dihasilkan akan menjadi semakin halus.

Dengan naiknya arus akan menghasilkan kekasaran permukaan yang besar, sedangkan kekasaran permukaan yang rendah terjadi pada arus yang rendah pula. Tetapi dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan benda kerja cukup rendah jika dibanding dengan kenaikan arus.

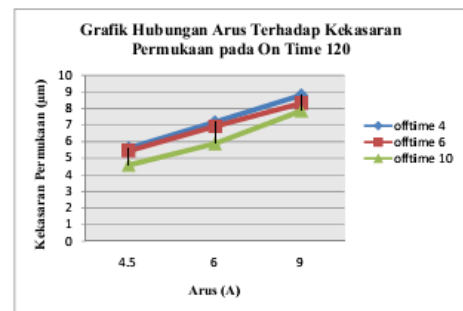
Hal tersebut dapat di lihat pada grafik di bawah.



Grafik 4.3 arus (I) terhadap kekasaran permukaan (Ra) pada on time 60



Grafik 4.3 arus (I) terhadap kekasaran permukaan (Ra) pada on time 90



Grafik 4.4 arus (I) terhadap kekasaran permukaan (Ra) pada on time 120

Oleh karena itu pemilihan besar arus mempunyai pengaruh yang sangat signifikan hubungannya dengan kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan dari proses pemesinan EDM, dimana untuk menghasilkan kualitas kekasaran permukaan benda kerja yang baik maka pemilihan variasi nilai arus harus sangat diperhatikan dan disesuaikan dengan parameter lainnya seperti on time pulse.

On time pulse merupakan salah satu parameter proses pemesinan EDM yang juga memiliki pengaruh cukup besar terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Dengan semakin besar nilai on time yang dipakai maka semakin lama pula loncatan bunga api listrik yang dilepaskan ke permukaan benda kerja sehingga membuat luas daerah dari benda kerja yang dilelehkan semakin

luas dan kawah – kawah yang terbentuk juga akan semakin curam yang menyebabkan permukaan benda kerja menjadi semakin kasar.

Sedangkan *offtime pulse* memiliki pengaruh yang relatif kecil terhadap nilai kekasaran yang dihasilkan dikarenakan hanya berpengaruh pada tingkat *machining speed* dimana dengan nilai *offtime pulse* yang rendah akan meningkatkan *machining speed* dan apabila nilai *offtime pulse* yang besar akan menurunkan *machining speed* di dalam meraut benda kerja dan kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin kecil atau permukaan benda kerja menjadi lebih halus.

Pada penelitian terdahulu yang pernah dilakukan juga menarik kesimpulan yang tidak jauh beda yakni Sapto (2001) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa besarnya kekasaran permukaan, dipengaruhi oleh arus listrik, *on time pulse*, dan tegangan. Fansuri (2010) melakukan kajian optimasi laju pengerjaan material dan kekasaran permukaan pada proses *electrical discharge machining* di *sinking* yang hasilnya menunjukkan bahwa parameter proses yang berpengaruh signifikan secara statistik terhadap kekasaran permukaan adalah arus, *discharge time*, dan *on time*. Menurut Patna Partono dan Tri Widodo Besar Riyadi (2008) perubahan arus akan mempengaruhi proses EDM, dimana dengan bertambahnya arus akan menyebabkan bertambahnya ukuran *crater* dan kekasaran permukaan (*surface roughness*). M.A.Hassan and Z. Hamedon (2009) melakukan penelitian *Analysis of the Influence of EDM Parameters on Surface Quality Electrode Wear of Tungsten Carbide* yang hasilnya didapat faktor yang berpengaruh dalam menghasilkan kualitas permukaan (*Surface finish*) adalah arus, tegangan, dan *offtime*.

Nilai kekasaran permukaan yang paling kecil terjadi pada parameter arus 4,5A, *on time* 60 μ s, dan *offtime* 10 μ s dengan nilai kekasaran permukaan 3,58 μ m. Sedangkan untuk nilai kekasaran paling besar terjadi pada parameter arus 9A, *on time* 120 μ s, dan *offtime* 4 μ s dengan nilai kekasaran permukaan 8,80 μ m.

Dari persamaan regresi yang didapat diketahui parameter proses EDM yang berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan. Parameter proses arus dan *on time pulse* menunjukkan adanya hubungan yang kuat terhadap nilai kekasaran permukaan sedangkan *offtime pulse* pengaruhnya relatif kecil.

Hal ini dikarenakan nilai *current* dan *on time pulse* berbanding lurus dengan nilai kekasaran permukaan dimana semakin besar *current pulse* dan *on time*.

Semakin besar pula nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan sedangkan parameter *offtime* berbanding terbalik dengan kekasaran permukaan, dimana semakin besar nilai *off time pulse* yang diberikan maka nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin kecil dikarenakan *off time* cocok digunakan untuk proses *finishing* untuk produk skala pabrik bukan skala laboratorium.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari parameter proses pemesinan EDM yang digunakan, parameter *current pulse* dan *on time pulse* berpengaruh terhadap besarnya nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan parameter *current pulse* berbanding lurus dengan *on time pulse* dimana semakin lama *on time pulse* maka semakin besar arus yang akan memperbesar

energi listrik yang dilepaskan sehingga daerah dari benda kerja yang dilelehkan menjadi semakin

- 2) luas dan permukaan benda kerja menjadi lebih kasar. Sedangkan semakin besar nilai *off time pulse* yang diberikan maka nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin kecil atau berbanding terbalik sehingga permukaan benda kerja yang dihasilkan akan menjadi semakin halus.
- 3) Nilai kekasaran permukaan yang paling kecil terjadi pada parameter arus 4,5A, ontime 60 μ s, dan offtime 10 μ s dengan nilai kekasaran permukaan 3,58 μ m. Sedangkan untuk nilai kekasaran paling besar terjadi pada

4. Daftar pustaka

- 1) Fansuri, Hamzah. 2010. *Kajian optimasi laju pengerjaan material dan kekasaran permukaan pada proses electrical discharge machining die sinking*. Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan. Jurusan Teknik Mesin Unej. Jember.
- 2) M.A.Hassan and Z. Hamedon., 2009, *Analysis of the Influence of EDM Parameters on Surface Quality, Material Removal Rate and Electrode Wear of Tungsten Carbide*. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists Vol II-IMECS. Hong Kong.
- 3) Patna Partono, Tri Widodo Besar Riyadi., 2008, *Studi Proses Electrical Discharge Machining dengan Elektroda Tembaga*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

parameter arus 9A, ontime 120 μ s, dan offtime 4 μ s dengan nilai kekasaran permukaan 8,80 μ m.

- 4) Dari pemodelan regresi yang dibuat didapat nilai koefisien
- 5) determinasi (r^2) adalah sebesar 97,8% (R-Sq). Dengan koefisien determinasi sebesar (r^2) 97,8%, maka harga koefisien korelasi (r) disini sebesar 0,989 yang artinya berada diantara *range* 0 sampai 1. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan linier yang kuat antara variabel arus, on time, dan off time dengan kekasaran yang dihasilkan.

- 4) Sapto, Bejo T. 2001. *Optimasi Laju Kehausan Elektrode, Kekasaran Permukaan dan Overcut pada Proses Electrical Discharge Machining dengan Metode Taguchi Multirespon*. Jurusan Teknik Mesin ITS. Surabaya.